

الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا
كلية الصيدلة
السنة الثانية- العام الدراسي 2025\2026-الفصل الثاني

المحاضرة الثالثة

محاضرات في الكيمياء التحليليةالصيدلانية (1)

Pharmaceutical Analytical Chemistry (1)

المحاضر الأكاديمي
الدكتورمحمد انس الفين

المحلول (Solution):

هو مزيج **متجانس** مكوَّن من مادتين أو أكثر وتكون جميع أجزائه مؤلفة من طور واحد ويملك الخواص الكيميائية نفسها. تسمى المادة التي تتواجد بنسبة أكبر في المحلول **بالمُحِل** أو المذيب والمادة الأقل نسبة **بالمذاب** أو المادة المذابة (المادة المنحلّة).



تصنيف المحاليل:

أولاً–طبيعة المذيب والمادة المذابة

ثانياً–حجم دقائق المادة المذابة

ثالثاً–كمية المادة المذابة

رابعاً–درجة توصيلها للتيار الكهربائي

أولاً: تصنيف المحاليل حسب طبيعة مكوناتها (المذيب والمُذاب)

صلب: – صلب
والطور الناتج صلب،
مثال: السبائك المعدنية

صلب– سائل:
والطور الناتج سائل،
مثال: محلول ملح الطعام في الماء

صلب: – غاز
والطور الناتج صلب،
مثال: انحلال الغازات في المعادن
مثل: اتحاد الاوكسجين مع الحديد (ظاهرة التآكل)

سائل– سائل:
والطور الناتج سائل،
مثال: ماء + كحول

سائل: – غاز
والطور الناتج سائل،
مثال: محلول الهواء أو الغازات في الماء

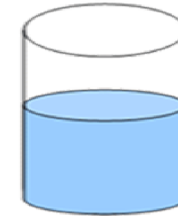
غاز: – غاز
والطور الناتج غاز،
مثال: مكونات الهواء من الغازات الاخرى

الدكتور محمد انس الفين

ثانياً: تصنيف المحاليل حسب حجم دقائق المادة المذابة

المحلول الحقيقي
Real Solution

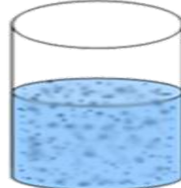
هي محاليل متجانسة مكونة من مادتين أو أكثر في طور واحد وتكون الذرات أو الأيونات أو الجزيئات منحلة بشكل كامل ولا يمكن رؤية دقائق المذاب بالعين المجردة وتمر من ورقة الترشيح ولا تترسب بعد فترة من الزمن ويتراوح قطر الجسيم حوالي 10A°



المحلول الحقيقي

المحلول الغروي
Colloidal solution

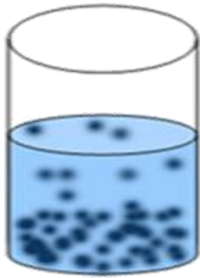
هي محاليل غير متجانسة تتميز دقائقها بأنها أكبر من جسيمات المحاليل الحقيقية وأصغر من المحاليل الغروية فحجم دقائقها تكون بين 10−1000A° بحيث يسمح لها أن تبقى معلقة في المذيب. ولا يمكن أن تمر دقائق المذاب فيها من ورقة الترشيح ولا تترسب اذا ترك المحلول راكداً مالم يضاف إليها مواد كيميائية تتسبب في ترسيبها فيها مثل الحليب



الغروي

المحلول المعلق
Suspended solution

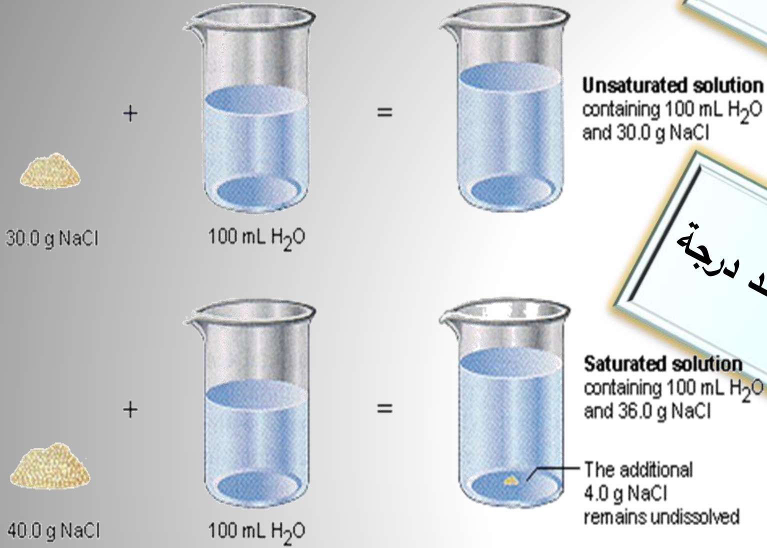
هي محاليل غير متجانسة حجم دقائقها أكبر من 1000A°
حيث يمكن رؤية الدقائق بالعين المجردة كما يمكن ملاحظة ترسبها للأسفل بفعل الجاذبية الأرضية. ولا تمر دقائق المذاب فيها من ورقة الترشيح.



المعلق

الدكتور محمد انس الفين

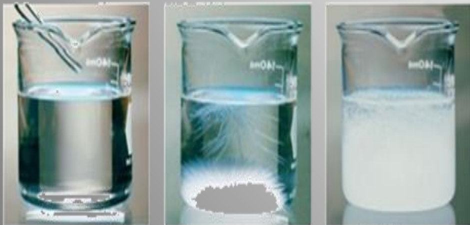
ثالثاً: تصنيف المحاليل حسب كمية المادة المذابة



[1] **المحلول غير المشبع Unsaturated Solutions:**
وهو المحلول الذي لديه القدرة على إذابة كميات إضافية من المادة المنحلّة عند درجة حرارة ثابتة.

[2] **المحلول المشبع Saturated Solutions:**
هو المحلول الذي يحتوي على أكبر كمية من المادة المنحلّة عند درجة حرارة ثابتة.

[3] **المحلول فوق المشبع Super Saturated Solutions:**
هو المحلول الذي يحتوي على كمية من المادة المنحلّة أكبر من حد الإشباع عند درجة حرارة ثابتة.



الدكتور محمد انس الفين

رابعاً: تصنيف المحاليل حسب ناقليتها للتيار الكهربائي

كهرليتات
Electrolytes

هي المركَّبات التي تتأين في محاليلها إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة وتكون ناقلة للتيار الكهربائي. ويشمل هذا النوع محاليل الأملاح والحموض والأسس في الماء

تُقسَم المركَّبات الكهرليتية إلى قسمين:

1- مركَّبات كهرليتية قوية: تكون كاملة التأين في محاليلها وبالتالي فهي جيدة النقل للتيار الكهربائي مثل الحموض والأسس القوية.

2- مركَّبات كهرليتية ضعيفة تكون ضعيفة التأين في محاليلها المائية وناقليتها للتيار الكهربائي تكون ضعيفة، مثل الحموض والأسس الضعيفة.

لا كهرليتات
Unelectrolytes

فهي المركَّبات التي لا تتأين في محاليلها إلى أيونات ولا تنقل التيار الكهربائي. ويشمل هذا النوع محاليل بعض المركَّبات العضوية (غير المتأينة) في الماء مثل اليوريا.

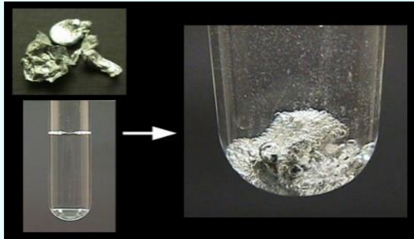
الدكتور محمد انس الفين

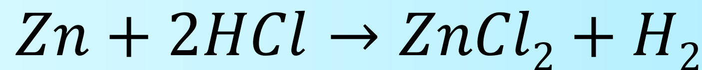
الانحلال وآلية الانحلال

❖ **تعريف الانحلالية (الذوبانية):** هي كمية المادة المنحلة اللازمة للحصول على محلول مشبع في كمية معينة من المحل.

آلية الانحلال:

1- **انحلال كيميائي:** هنا يحدث تغير في طبيعة المواد (أي يحدث تفاعل بين المادة المنحلة والمحل) مثل انحلال المعادن في حمض قوي.





$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

2- **انحلال فيزيائي:** وهو الذي لا يرافقه تغير في طبيعة المادة المنحلة عند انحلالها في المحل ويمكن استرداد المادة المنحلة بتبخير المذيب مثل ذوبان ملح كلوريد الصوديوم في الماء.

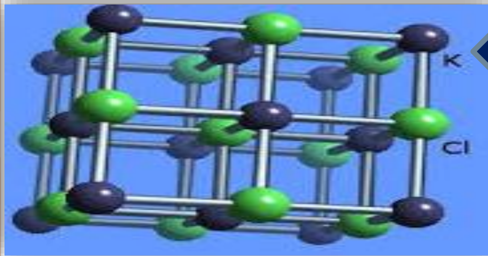
الدكتور محمد انس الفين

العوامل المؤثرة على الانحلالية

1. حجم الأيونات المنحلّة:

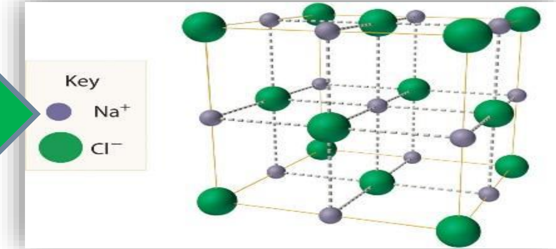
إن ازدياد حجم الأيونات المنحلّة يزيد من الانحلالية بصورة عامة، لأن قوى الارتباط بين الأيونات تتناقص بازدياد حجم هذه الأيونات، وذلك بسبب ازدياد نصف قطرها الأيوني.

فمثلاً انحلالية كلوريد البوتاسيوم أكبر من انحلالية كلوريد الصوديوم. والسبب هو أن حجم ايون البوتاسيوم أكبر من حجم ايون الصوديوم بمعنى أن نصف القطر الايوني للبوتاسيوم أكبر من صف القطر الايوني للصوديوم. كما في الشكلين الفراغين.



كلوريد البوتاسيوم

كلوريد الصوديوم



2. شحنة الشوارد المنحلّة:

إن ازدياد شحنة الأيون المنحلّ يؤدي إلى إضعاف الانحلالية بسبب ازدياد قوة الارتباط بين الأيونات. فمثلاً كلوريد الكالسيوم أكثر انحلالاً من كبريتات الكالسيوم و هيدروكسيد الصوديوم أكثر انحلالاً من هيدروكسيد الكالسيوم.

الدكتور محمد انس الفين

العوامل المؤثرة على الانحلالية

3. طبيعة المُحِل والمادة المنحلّة:

إن لطبيعة المُحِل أهمية كبيرة جداً في التأثير على الانحلالية. فالمركَّبات الأيونية والقطبية تميل إلى الانحلال في المُحِلات القطبية. فمركَّب قطبي (حمض، أساس، ملح) مثل حمض الكبريت او هيدروكسيد الصوديوم او نترات الصوديوم ....تنحل بسهولة وبكميات كبيرة في محل قطبي مثل الماء.

إلا أن هناك مركّبات أيونية ضعيفة الانحلال في الماء لأن الرابطة الأيونية فيها تكون قوية جداً، لا تُجدي قطبية الماء في إضعافها ولا تكفي الطاقة الناتجة عن الإماهة لتحطيمها.

أما المركَّبات اللا قطبية فتنحل بشكلٍ كبير في المُحِلات اللا قطبية، فمركَّب لا قطبي مثل رابع كلوريد الكربون لا ينحل في الماء. ولكن رابع كلوريد الكربون ينحل في البنزن مثلاً وهما يمتزجان بأية نسبة.

4. تأثير درجة الحرارة:

إن لدرجة الحرارة تأثيراً كبيراً في الانحلالية، حيث تزداد الكمّية المنحلّة من المادة بازدياد درجة الحرارة بالنسبة للتفاعلات التي يرافقها امتصاص للحرارة، وتنقص بازدياد درجة الحرارة في العمليات التي يرافقها انتشار للحرارة.

الدكتور محمد انس الفين

وحدات تركيز المحاليل

1

التركيز الغرامي

يُعرف بأنه عدد الغرامات من المادة المنحلّة في ليتر من المحلول،
وحدته الأساسية: gr\L

ويُحسب التركيز الغرامي (C) للمحلول بتطبيق العلاقة:

$$C(gr/L) = \frac{m\ (gr)}{V\ (L)} \qquad (1)$$

m كتلة المادة المنحلة

V حجم المحلول مقدراً بالليتر

في حال اعطي الحجم بالميلي ليتر نجري التحويل التالي:

$$C(gr/L) = \frac{m \times 1000}{V\ (mL)}$$

الدكتور محمد انس الفين

مثال (1):

احسب تركيز محلول حمض كلور الماء مقدراً بالغرام على الليتر إذا علمت أنه تم إذابة 5gr من الحمض في 500 مل من الماء المقطر.

الحل:

$$C(gr/L) = \frac{m\ (gr)}{V\ (L)}$$

$$C(gr/L) = \frac{5 \times 1000}{500} = 10gr/L$$

الدكتور محمد انس الفين

2

التركيز الجزيئي الحجمي
(Molarity)

يُعرف بأنه عدد الجزيئات الغرامية (عدد المولات) من المادة المنحلّة في ليتر من المحلول، ووحدته الأساسية هي (mol/L)

يُحسب التركيز الجزيئي الحجمي (M) للمحلول بتطبيق العلاقة:

$$M(mol/L) = \frac{n}{V}$$

1

$$n = \frac{m\ (g)}{M_m(g/mol)}$$

2

$$M(mol/L) = \frac{m}{M_m \times V\ (L)}$$

M_m (g/mol) تُمثِّل الكتلة الجزيئية للمادة المنحلّة و (m) كتلة المادة المنحلة مقدرة بالغرام.

في حال اعطي الحجم بالميلي ليتر، نقوم بالتحويل المناسب وتطبيق القانون:

$$\mathbf{M(mol/L) = \frac{m \times 1000}{M_m \times V\ (mL)}}$$

الدكتور محمد انس الفين

مثال (1):

احسب التركيز المولاري لـ 1.06gr في 1 ليتر من كربونات الصوديوم مع العلم أن:

M_m=106 gr/mol

الحل:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{m}{M_m \times V} = \frac{1.06}{106 \times 1} = 0.01 mol/L$$

مثال (2):

احسب وزن ملح كلوريد الصوديوم اللازم لتحضير محلول منه بحجم 100 مل وتركيز 0.1 مول.

مع العلم أن:

M_{Na}= 23, M_{Cl}=35.5 gr/mol

الحل:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{m \times 1000}{M_m \times V(mL)}$$

$$m = \frac{M \times M_m \times V(mL)}{1000} = \frac{0.1 \times 58.5 \times 100}{1000} = 0.585 gr$$

توضع الوزنة المحسوبة من العلاقة السابقة في دورق حجمي سعة 100 مل وتمدد بالماء المقطر حتى العلام العياري أو الإشارة.

3

النظامية (العيارية)
(Normality)

عدد المكافئات الغرامية (أو عدد الكتل المكافئة) من المادة المنحلّة في ليتر من المحلول، ووحدتها الأساسية مكافئ غرامي في الليتر م.غ/ل أو (eq/L)

تُحسب النظامية (N) للمحلول بتطبيق العلاقة:

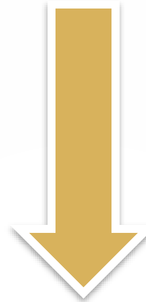
$$N(eq/L) = \frac{n_{eq}}{V(L)} = \frac{m}{E_q \times V(L)}$$

n_{eq} الكتلة المكافئة للمادة المنحلّة (g\eq)

الدكتور محمد انس الفين

المكافئ الغرامي أو الكتلة المكافئة Eq (g\eq)

المكافئ الغرامي لمادة ما هو الكتلة الناتجة حاصل قسمة كتلتها الجزيئية M_m على عدد المتبادلات (n) في التفاعل



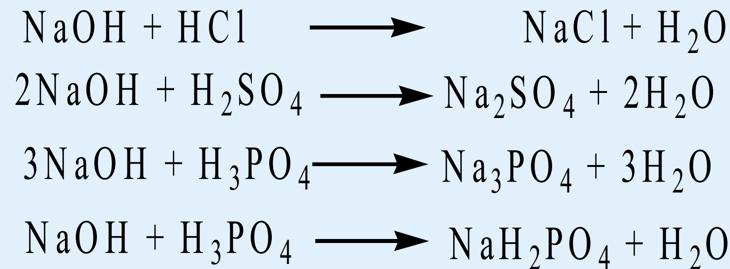
$$E_q(g/eq) = \frac{M_m(g/mol)}{n(eq/mol)}$$

يتعلق (n) في تفاعل ما بنوعية المواد المتفاعلة وبالتفاعل الحاصل وبالمحصلة لا يكون ثابتاً.

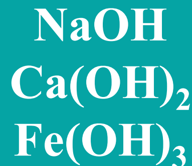
يتبع كيفية حساب (n)

1-(n) تمثل عدد ايونات الهيدروجين في الصيغة الكيميائية للحمض في التفاعل الحاصل

2-(n) تمثل عدد ايونات الهيدروكسيد في الصيغة الكيميائية للأساس في التفاعل الحاصل







$$E_q = \frac{M_{HCl}}{1}$$

$$E_q = \frac{M_{H_2SO_4}}{2}$$

$$E_q = \frac{M_{H_3PO_4}}{3}$$

$$E_q = \frac{M_{H_3PO_4}}{1}$$

$$E_q = \frac{M_{NaOH}}{1}$$

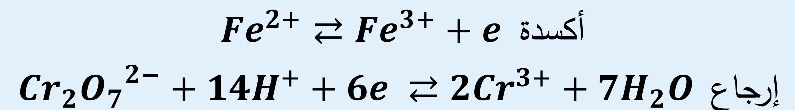
$$E_q = \frac{M_{Ca(OH)_2}}{2}$$

$$E_q = \frac{M_{Fe(OH)_3}}{3}$$

الدكتور محمد انس الفين

3- (n) تمثل عدد الالكترونات المتبادلة
في كل نصف تفاعل من تفاعلات الاكسدة والارجاع





أكسدة $Fe^{2+} \rightleftarrows Fe^{3+} + e$

إرجاع $Cr_2O_7{}^{2-} + 14H^+ + 6e \rightleftarrows 2Cr^{3+} + 7H_2O$



$$E_q(FeSO_4) = \frac{M_{FeSO_4}}{1}$$

$$E_q(K_2Cr_2O_7) = \frac{M_{K_2Cr_2O_7}}{6}$$

4-(n) تمثل عدد الذرات المعدنية
في الجزيء الواحد للملح مضروباً بتكافؤ المعدن
في تفاعلات انحلال الاملاح





$NaCl$

$FeSO_4$

Na_2CO_3

$Fe_2(SO_4)_3$



$$E_q(NaCl) = \frac{M_{NaCl}}{1}$$

$$E_q(FeSO_4) = \frac{M_{FeSO_4}}{2}$$

$$E_q(Na_2CO_3) = \frac{M_{Na_2CO_3}}{2}$$

$$E_q(Fe_2(SO_4)_3) = \frac{M_{Fe_2(SO_4)_3}}{6}$$

الدكتور محمد انس الفين

مثال (1):

احسب النظامية محلول حمض الكبريت يحوي 10 غ في 250 مل مع العلم أن:

$M_O= 16, M_S=32$

الحل:

$$N(eq/L) = \frac{n_{eq}}{V(L)} = \frac{m \times 1000}{E_q \times V(mL)} = \frac{10 \times 1000}{\frac{98}{2} \times 250} = 0.8163N$$

مثال (2):

احسب عدد الغرامات اللازمة لتحضير محلول من كبريتات الصوديوم تركيزه 0.1 ن في حجم 500 مل مع العلم أن:

$M_O= 16, M_{Na}=23, M_S=32$

الحل:

$$N(eq/L) = \frac{n_{eq}}{V(L)} = \frac{m \times 1000}{E_q \times V(mL)}$$

$$m = \frac{N \times E_q \times V(mL)}{1000} = \frac{0.1 \times \frac{142}{2} \times 500}{1000} = 3.55gr$$

4

التركيز الجزيئي الغرامي
(Molality)

التركيز الجزيئي الغرامي أو المولالية (L) بأنه عدد الجزيئات الغرامية أو (عدد المولات) من المادة المنحلّة في كيلوغرام واحد من *المذيب*.

يُحسب L من العلاقة الاتية:

$$L(mol/kg) = \frac{moles\ of\ solute}{mass\ of\ solvent(kg)} = \frac{n}{m_{Solvent}(Kg)}$$

$$L(mol/kg) = \frac{m_1(gr)}{m_2(Kg) \times M_m(gr/mol)}$$

بحيث أن:

m_1 كتلة المادة المنحلة (g) و m_2 كتلة المذيب (kg)

علاقة الكثافة:

$$\boldsymbol{d(g/mL) = \frac{m(g)}{V\ (mL)}}$$

الدكتور محمد انس الفين

مثال:

احسب التركيز الجزيئي الغرامي لمحلول حمض كلور الماء التجاري يحوي الليتر منه على:

كثافة 1.19gr/mL و 11.8mol مع العلم أن:

$$M_H = 1,\ M_{Cl} = 35.5$$

الحل:

من علاقة الكثافة نحسب كتلة الليتر من المحلول:

$$d(gr/mL) = \frac{m(gr)}{V(mL)} \rightarrow m(gr) = \frac{1.19 \times 1000}{1(mL)} = 1190gr$$

نحسب كتلة المذاب:

$$m = n \times M_m = 11.8 \times 36.5 = 430.7gr$$

وبالتالي كتلة المذيب:

$$1190 - 430.7 = 759.3gr = 0.7593Kg$$

وبالتالي:

$$L(mol/kg) = \frac{m_1(gr)}{m_2(Kg) \times M_m(gr/mol)} = \frac{430.7}{0.7593 \times 36.5} = 15.54\ mol/Kg$$

الدكتور محمد انس الفين

5

النسبة المئوية الكتلوية
(Percent by Mass)

m% (وزناً) هي كتلة المادة مقدرة بالغرام والمنحلة في 100 غرام من المحلول أو العينة الصلبة.
وفي بعض المراجع w/w%

تحسب بتطبيق العلاقة الآتية:

$$m\% = \frac{mass\ of\ Solute\ (gr)}{mass\ of\ Solution(gr)} \times 100\%$$

$$m\% = \frac{m_{Solute}}{m_{Solution}} \times 100\%$$

مثال:

احسب تركيز محلول كربونات الصوديوم مقدراً بالنسبة المئوية الوزنية عند إذابة 50 غرام منه في 250 غرام من الماء المقطر.

الحل:

$$m\% = \frac{m_{Solute}}{m_{Solution}} \times 100\%$$

$$m\% = \frac{50}{250 + 50} \times 100 = 16.67\%$$

النسبة المئوية الحجمية (Percent by Volume)

v% (حجماً)هي كتلة المادة مقدرة بالغرام والمنحلة في 100 مل من المحلول أو العينة السائلة.
وفي بعض المراجع v/v%

تحسب بتطبيق أيٍّ من العلاقتين الآتيتين:

$$V\% = \frac{mass\ of\ Solute\ (gr)}{Valume\ of\ Solution(mL)} \times 100\%$$

$$V\% = \frac{m_{Solute}}{V_{Solution}(mL)} \times 100\%$$

مثال:

كم غراماً من ملح كلوريد البوتاسيوم يلزم لتحضير محلول تركيزه 30% حجماً وحجمه 1 ليتر.

الحل:

$$V\% = \frac{m_{Solute}}{V_{Solution}(mL)} \times 100\%$$

$$30 = \frac{m}{1000} \times 100 \rightarrow m = 300gr$$

الدكتور محمد انس الفين

ppm التركيز بأجزاء المليون
Concentration by Part per million

ويتم استخدامه عندما تكون المحاليل ممددة جداً. ويعبر **عن عدد الأجزاء من المادة في مليون جزء من العينة الصلبة أو السائلة**

تحسب بتطبيق العلاقة الآتية:

$$ppm = \frac{mass\ of\ solute}{mass\ \ of\ soln} \times 10^6$$

وبالتالي نكتب:

$$ppm = mg/kg = \mu g/g$$

فإذا كان المذيب هو الماء الذي كثافته 1g\mL وكمية المادة المذابة قليلة بحيث يمكن اعتبار

كثافة المحلول مساوية للواحد وبالتالي يمكن ان نكتب:

$$ppm = mg/L = \mu g/mL$$

الدكتور محمد انس الفين

مثال:

محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.01 N فإن تركيزه بوحدة ppm يُحسب:

$$C\ (g/L) = N(eq/L) \times E_q\ (g/eq)$$

$$C\ (g/L) = 0.01(eq/L) \times 40(g/eq) = 0.4\ g/L$$

$$ppm = 0.4\ g/L \times 1000 = 400\ mg/L = 400 mg/kg$$

ملاحظة:

يتم تحضير المحاليل الممددة لمختلف المواد الكيميائية السائلة بدءاً من المحاليل المركزة. فعند **تمديد المحاليل** العيارية المعلومة التركيز، نستخدم القانون:

(قبل التمديد) $C_1.V_1 = C_2.V_2$ (بعد التمديد)

حيث يُستخدَم أحد الطرفين للتعبير عن تركيز وحجم المحلول قبل التمديد، والطرف الآخر للتعبير عن تركيز وحجم المحلول بعد تمديده.

أما في حسابات المعايرة فيستخدم القانون:

(للمادة الأولى) $N.V = N'.V'$ (للمادة الثانية)

لأنه تتم معايرة مكافئ غرامي من المادة الأولى بمكافئ غرامي من المادة الثانية.

الدكتور محمد انس الفين

بعض العلاقات التي تربط حساب التركيز الغرامي بدلالة الكثافة والنسبة المئوية الكتلوية

$$1)\ C(g/L) = d(g/mL) \times m\% \times 10$$

$$2)\ M(mol/L) = \frac{d(g/mL) \times m\% \times 10}{M_m(g/mol)}$$

$$3)\ N(eq/L) = \frac{d(g/mL) \times m\% \times 10}{E_q(g/eq)}$$

الدكتور محمد انس الفين

تطبيق:

محلول من حمض الكبريت كثافته 1.84 g\mL ونسبته المئوية الكتلوية 98% فإذا كانت كتلته الجزيئية 98 g\mol فاحسب مايلي:

أ-تركيز الحمض بوحدات g\L, mol\L , eq\L

ب-الحجم اللازم من الحمض السابق لتحضير محلول ممدد منه تركيزه 1 mol\L بحجم مقداره 500 ml

الحل:

أ- نطبق العلاقات الآتية الخاصة بكل تركيز:

$$C(g/L) = d \times m\% \times 10$$

$$C(g/L) = 1.84 \times 98 \times 10 = 1803.2\text{g/L}$$

$$M(mol/L) = \frac{d \times m\% \times 10}{M_m} = \frac{1.84 \times 98 \times 10}{98} = 18.4\text{mol/L}$$

$$N(eq/L) = \frac{d \times m\% \times 10}{E_q} = \frac{1.84 \times 98 \times 10}{\frac{98}{2}} = 36.8eq/L$$

ب- نطبق قانون التمديد:

$$(\text{بعد التمديد})\ M_1.V_1 = M_2.V_2(\text{قبل التمديد})$$

$$18.4\ \times V_1 = 1\ \times 500$$

$$\Rightarrow V_1 = 27.17mL$$

الدكتور محمد انس الفين

وظيفة(1)

محلول من حمض كلور الماء كثافته 1.19 g\mL ونسبته المئوية الكتلوية 36% فاحسب ما يلي:

أ-تركيز الحمض بوحدات g\L, mol\L , eq\L

ب-الحجم اللازم من الحمض السابق لتحضير محلول ممدد منه تركيزه 0.1 mol\L بحجم مقداره 100 ml

علماً أن: $M_{Cl}=35.5$, $M_H=1$ gr/mol

الحل:--

وظيفة(2)

يُراد تحليل عينة من البول وباستخدام كاشف نواينهدرين للتحري عن البولة أو (اليوريا)، لُزم لتحضير محلول الكاشف بدءاً من ملحه الصلب تركيزه:

0.1 eq\L لحجم 500 مل، فإذا علمت أن:

عدد المتبادلات في الصيغة الكيميائية للمركب هو(2) و كتلته الجزيئية 178.14 gr\mol

أ-احسب الوزنة اللازمة لتحضير محلول الكاشف.

ب-احسب الحجم اللازم لتمديد المحلول السابق والحصول على محلول تركيزه 0.05 eq\L وحجم 50 ml

الحل:--

الدكتور محمد انس الفين

نهاية المحاضرة الثالثة

الدكتور محمد انس الفين